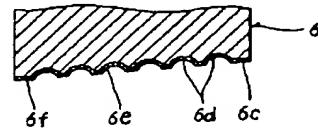


- (54) THERMAL SPRAYING METHOD OF SYNCHRONIZER RING  
 (11) 5-140724 (A) (43) 8.6.1993 (19) JP  
 (21) Appl. No. 3-73575 (22) 16.11.1991  
 (71) HINO MOTORS LTD (72) MASANORI MINEO  
 (51) Int. Cl<sup>s</sup>. C23C4/18, F16D23/06

**PURPOSE:** To improve the wear resistance and durability of a thermally sprayed layer by thinly and uniformly thermal-spraying a thermal spraying material along the shape of the conical inside face of a synchronizer ring.

**CONSTITUTION:** Plural grooves 6d are formed on the conical inside face of 6c of a synchronizer ring 6, and shot blasting is executed. After that, a thermal spraying material 6e is thermal sprayed along the shape of the inside face to form a thermally-sprayed layer 6f. Because the thermally sprayed layer is thin, the bonding strength with alloy steel as a base metal is high and the peeling of the thermally sprayed layer does not occur as well as its productivity is high.



(54) TREATMENT FOR SURFACE OF TITANIUM MATERIAL

- (11) 5-140725 (A) (43) 8.6.1993 (19) JP  
 (21) Appl. No. 3-331293 (22) 20.11.1991  
 (71) TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC (72) YOSHIHIKO SUGIMOTO  
 (51) Int. Cl<sup>s</sup>. C23C8/20, C23C8/36, C23C8/80, C23C10/22, C23C10/38, C23C10/52, C23C26/00

**PURPOSE:** To efficiently and easily realize a sound surface layer by forming a surface layer on the surface of a titanium material subjected to carburizing treatment by a thermal diffusion treating method.

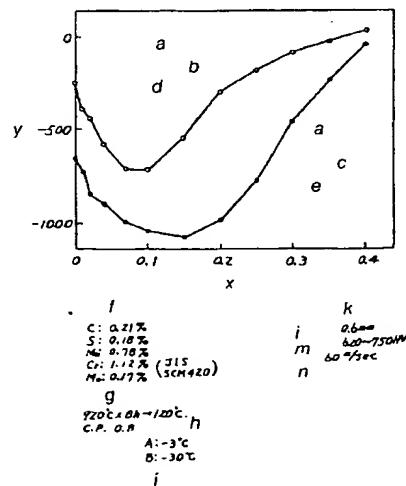
**CONSTITUTION:** The surface of a titanium material constituted of titanium (alloy) is subjected to carburizing treatment, and after that, a surface layer constituted of one or more kinds among the carbides of 4a group metals as well as 5a group metals in a periodic table and chromium is formed on the surface of the titanium material by using a thermal diffusion treating method such as a molten salt method, a fluidized bed method and a powder packing method.

(54) MANUFACTURE OF DRIVING SYSTEM MACHINE PARTS HAVING HIGH FATIGUE STRENGTH

- (11) 5-140726 (A) (43) 8.6.1993 (19) JP  
 (21) Appl. No. 3-300895 (22) 16.11.1991  
 (71) NIPPON STEEL CORP (72) TOSHIHIKO TAKAHASHI (2)  
 (51) Int. Cl<sup>s</sup>. C23C8/80, C21D1/06, C21D7/06, C23C8/22, C23C8/32

**PURPOSE:** To provide the method for remarkably improving fatigue properties required for machine parts represented by a gear used as the driving system parts of an automobile and construction equipment.

**CONSTITUTION:** Since a soft layer called as a slack quenched layer generated on the surface layer of a carburized layer generally deteriorates fatigue strength, the development for reducing this deterioration had been executed heretofore. But, the method for utilizing this deterioration was found. Namely, at the time of subjecting 0.1 to 0.3% C steel to carburizing or carbonitriding treatment, a slack quenched layer having 400 to 700 HV hardness is allowed to exist to the range of 10 to 50  $\mu\text{m}$  depth from the surface, and after that, high hardness shot peening treatment is executed by using a projecting material having  $\geq 500$  HV hardness to remarkably increase the compressive residual stress of the surface layer. The increase of the compressive residual stress remarkably improves the fatigue properties.



(a): condition, (b): free from slack quenched layer, (c): presence of slack quenched layer, (d): comparison example, (e): example in this invention, (f): component in steel, (g): carburizing condition, (h): oil cooling, (i): dew point condition, (j): tempering, (k): shot peening condition, (l): diameter of projecting material, (m): hardness, (n): projecting rate, (o): depth from surface, (y): residual stress after shot peening

(51)Int.Cl.<sup>5</sup> 識別記号 庁内整理番号 F I  
 C 23 C 8/80 8116-4K  
 C 21 D 1/06 A  
 7/06 A 7412-4K  
 C 23 C 8/22 8116-4K  
 8/32 8116-4K

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平3-300895

(22)出願日 平成3年(1991)11月16日

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 高橋 稔彦

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内

(72)発明者 内藤 賢一郎

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内

(72)発明者 房田 秀彦

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内

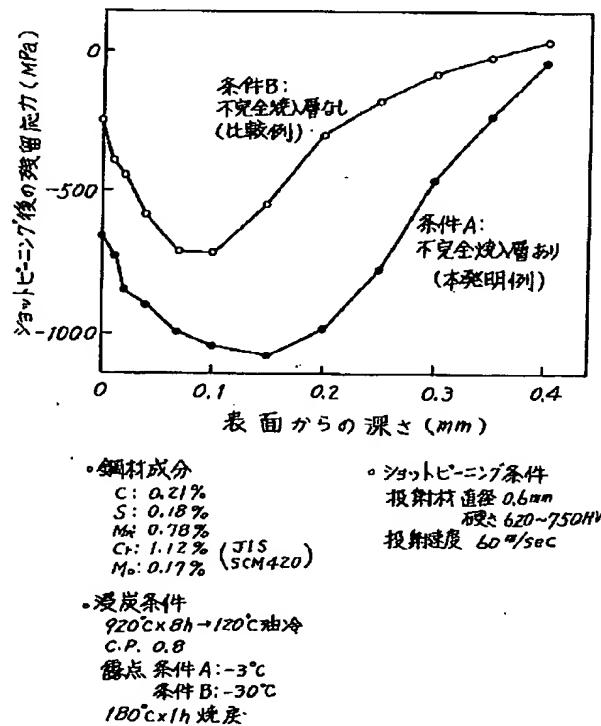
(74)代理人 弁理士 大関 和夫

## (54)【発明の名称】 疲労強度の高い駆動系機械部品の製造方法

## (57)【要約】

【目的】 本発明は、自動車、建設機械の駆動系部品等として使用される、歯車を代表とする機械部品に要求される疲労特性の飛躍的な向上方法を提供する。

【構成】 浸炭材表層に発生する不完全焼入れ層と呼ばれる軟質層は疲労強度を低下させるとして従来はこれを低減させる開発が行われてきた。しかしこれを逆に活用する方法を見出した。即ち、0.1~0.3%C鋼を浸炭あるいは浸炭窒化処理した際に、硬さHV400~700の不完全焼入れ層を表面より深さ10~50μmの範囲まで存在させ、その後、硬さHV500以上の投射材を用いて高硬度ショットピーニング処理をすることにより表層圧縮残留応力を飛躍的に増加させ得る。この圧縮残留応力の増加が疲労特性を顕著に向上させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 0.1～0.3%の炭素を含有する鋼を用いて機械部品に成形し、浸炭処理あるいは浸炭窒化処理してビッカース硬度HV400以上700未満の不完全焼入れ層を表面より10μm以上50μm以下の深さまで存在させた後、ビッカース硬度HV500以上の硬度を有する投射材でショットピーニング処理することを特徴とする疲労強度の高い駆動系機械部品の製造方法。

【請求項2】 0.35～0.75%の炭素を含有する鋼を用いて機械部品に成形し、800～950℃でオーステナイト化した後、焼入れし、ビッカース硬度HV400以上700未満の不完全焼入れ層を表面より10μm以上50μm以下の深さまで存在させた後、焼戻しを行い、次いでビッカース硬度HV500以上の硬度を有する投射材でショットピーニング処理することを特徴とする疲労強度の高い駆動系機械部品の製造方法。

【請求項3】 請求項1あるいは2記載の方法で製造した機械部品について、さらに最終工程で表面より10μm以上100μm以下の深さの表層部を除去することを特徴とする疲労強度の高い駆動系機械部品の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、自動車、建設機械の駆動系部品として使用される、歯車を代表とする機械部品を対象とし、使用性能、特に疲労特性の向上を目的としたこれら駆動系機械部品の製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 自動車、建設機械の歯車等、機械部品の中でも、特に高疲労強度を必要とする駆動系機械部品は、通常、所要の形状に加工した鋼製部品を浸炭処理する工程を経て製造されている。浸炭処理とは、例えば昭和44年10月1日丸善株式会社発行「鋼の熱処理 改訂5版」85～97頁に見られるように、900℃程度の温度で浸炭を行った後、焼入れおよび必要に応じて焼戻しを行うことであり、表層のみを高炭素マルテンサイトとし、疲労強度の向上を図る処理である。

【0003】 こうした浸炭処理では、例えば昭和59年6月日本熱処理技術協会発行「熱処理第24巻第3号」128～136頁に見られるように、浸炭表層部のオーステナイト粒界に沿った粒界酸化層および不完全焼入れ層（一般にはこれらをまとめて表面異常層と呼ぶ）が生成するために、最表層の硬さ、圧縮残留応力が低下する。そのために浸炭した機械部品に必ずしも充分な疲労強度が付与できないことが従来から問題となっていた。

【0004】 これに対して、特開昭61-253346号公報には、Si:0.10%以下、Mn:0.05%以下に低減して表面異常層の生成を抑制し、さらにP:0.010%以下に抑制して、粒界強度の向上を図った浸炭処理用鋼材が示されている。しかしながら、このよ

うな材料を用いてもなおかつ現行の浸炭処理技術では表面異常層を皆無にすることは不可能であり、特に高疲労強度を必要とする浸炭した機械部品の疲労強度の保証には、未だ充分であるとは言えない。

【0005】 一方、鋼製品の疲労強度におよぼす表層の圧縮残留応力の影響が大きいので、疲労強度向上のために、ショットピーニング等で機械的に、これを導入することも実施されている。例えば、平成3年2月発行「鋳造と熱処理」15～20頁に見られるようにショットピーニング処理による疲労強度向上効果は顕著なものがあるが、ショットピーニング処理する素材についてどの様な状態が良いのかは明確になっていない。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、自動車、建設機械の駆動系部品等として使用される、歯車を代表とする機械部品に要求される疲労特性の飛躍的な向上方法を提供しようとするものである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明の要旨とするところは、下記のとおりである。

(1) 0.1～0.3%の炭素を含有する鋼を用いて機械部品に成形し、浸炭処理あるいは浸炭窒化処理してビッカース硬度HV400以上700未満の不完全焼入れ層を表面より10μm以上50μm以下の深さまで存在させた後、ビッカース硬度HV500以上の硬度を有する投射材でショットピーニング処理することを特徴とする疲労強度の高い駆動系機械部品の製造方法。

(2) 0.35～0.75%の炭素を含有する鋼を用いて機械部品に成形し、800～950℃でオーステナイト化した後、焼入れし、ビッカース硬度HV400以上700未満の不完全焼入れ層を表面より10μm以上50μm以下の深さまで存在させた後、焼戻しを行い、次いでビッカース硬度HV500以上の硬度を有する投射材でショットピーニング処理することを特徴とする疲労強度の高い駆動系機械部品の製造方法。

(3) 前項1あるいは2記載の方法で製造した機械部品について、さらに最終工程で表面より10μm以上100μm以下の深さの表層部を除去することを特徴とする疲労強度の高い駆動系機械部品の製造方法。

## 【0008】

【作用】 本発明者らは機械部品の高疲労強度化を実現するに、ショットピーニング処理を有効に活用し得る材料の検討を行った。その結果、ある種のショットピーニング処理条件下では、浸炭材の表層部に若干の不完全焼入れで生じる軟質層、即ち不完全焼入れ層が存在した方がかえって疲労強度が高くなるという新規な現象を見出した。例えば、先に挙げた特開昭61-253346号公報に見られるように、従来は疲労亀裂の発生を助長する不完全焼入れ層は徹底的に抑制すべきであるという考え方が大勢であり、本現象はこれとは全く相



反するものである。

【0009】そこでこの現象をさらに詳細に検討した。ショットピーニング処理による疲労強度向上効果は表層の圧縮残留応力を高めることにより実際の使用状況でかかる引張応力を軽減することにある。図2の条件Aに示すように表層に軟質層が存在すると、これが内部の硬質層よりも比較的容易に塑性変形し、その結果、図1に示すように同一ショットピーニング条件でも表層の圧縮残留応力が高くなることがわかった。しかしショットピーニング条件が適切でないと、軟質層の存在による疲労亀裂発生の容易さが影響し、圧縮残留応力が高くなることによる疲労強度向上効果を妨げてしまうことも見出した。

【0010】これらの検討結果から、疲労強度を極めて高くなる素材の条件およびショットピーニング処理の条件を具体的に見出すに至った。以下にその製造方法の限定と具体的な理由について述べる。まず、使用する鋼材であるが、炭素量を0.1%以上0.3%以下とする。鋼材炭素量は、浸炭（あるいは浸炭窒化）後の内質の硬さを決定し、ひいては製品の残留応力分布に大きな影響をもたらす。0.1%未満では目的の圧縮残留応力を達成し得ない。また0.3%を超過すると内質の硬度も高くなり、やはり所定の圧縮残留応力が得られない。

【0011】浸炭（あるいは浸炭窒化）鋼の硬化層硬さは基本的には炭素量に依存し、硬化層深さは浸炭雰囲気および浸炭時間に依存するので、その他の合金元素は特に本発明において限定を加えるものではないが、浸炭（あるいは浸炭窒化）焼入れした際の焼入性を考慮すると、Cr 0.3~1.2%、Mo 0.1~1%、Ni 0.2~2%の1種または2種以上を含有することが望ましい。また、疲労破壊の起点となる結晶粒界へ偏析し粒界強度を低下させることを防止するため、P 0.05%以下、S 0.05%以下窒素0.03%以下とすることが望ましい。さらに結晶粒を微細にするためにV、TiおよびNbの1種または2種以上を0.005~0.02%程度添加するとより良い効果をもたらす。

【0012】次に本発明において重要な浸炭（あるいは浸炭窒化）処理後の不完全焼入れ層の条件であるが、まず硬度については、ビックアース硬度HV 400以上700未満とする。HVが400未満ではショットピーニング後の圧縮残留応力は高くなるものの疲労亀裂の発生が容易になりすぎて疲労強度の向上は望めない。またHVが700以上ではショットピーニング後の圧縮残留応力が高くならず、やはり疲労強度は劣化する。この不完全焼入れ層の深さは表面より10μm以上50μm以下までとする。10μmよりも浅い場合はショットピーニング後の圧縮残留応力を高める効果は殆どなく、50μmを超えると疲労亀裂の発生が容易になりすぎる。

【0013】本発明の効果を得るために浸炭（あるいは浸炭窒化）処理後の不完全焼入れ層は規定するもの

の、浸炭あるいは浸炭窒化処理の条件は特に限定するものではなく、浸炭処理あるいは浸炭雰囲気中にアンモニアガス等を添加する浸炭窒化処理のいずれの表面硬化処理でも不完全焼入れ層の条件さえ満足すれば本発明の効果は得られる。なお、浸炭（あるいは浸炭窒化）表面硬化層の硬さはHV 800以上、深さ0.3mm以上が望ましいが、このような浸炭表面硬化層は通常の浸炭条件で簡単に得られるものである。また、前記に限定した不完全焼入れ層を形成させる手法は、従来の抑制方法の全く

10 反対の方法をとればよい。即ち、例えば特開昭61-253346号公報に見られる表面異常層生成の抑制手法であるSiやMnの低減をさせずに逆に意識的に添加したり、また浸炭（あるいは浸炭窒化）雰囲気中の酸素ボテンシャルを低減させずに適当に調節する等の方法で達成できる。

【0014】このような不完全焼入れ層を有する浸炭（あるいは浸炭窒化）材を統いてショットピーニング処理する。この際に使用する投射材は硬度がビックアース硬度HVで500以上でなければならない。これは表層不完全焼入れ層の硬度とのバランスで、500未満の硬度の投射材では本発明特有の疲労強度向上効果は望めない。本発明では投射材の硬度以外のショットピーニング処理条件を特に限定しなくとも疲労強度向上効果は得られるが、投射材の重量は1個あたり0.2mg以上のものを使用し、秒速50m以上の投射速度でショットピーニング処理することが望ましい。

【0015】また本発明の効果は浸炭あるいは浸炭窒化処理したものに限らず、炭素量が多めの鋼を適正な条件で焼入れた場合にも奏される。即ち、0.35~0.75%の炭素を含有する鋼を用いて機械部品に成形し、800~950°Cでオーステナイト化した後、焼入れし、ビックアース硬度HV 400以上700未満の不完全焼入れ層を表面より10μm以上50μm以下の深さまで存在させた後、焼戻しを行い、次いでビックアース硬度HV 500以上の硬度を有する投射材でショットピーニング処理したものでも本発明の効果が奏される。炭素量が0.35%未満では焼入れ後内質の十分な硬さが得られず、このため疲労強度も劣化し、0.75%を超えると韌性が悪くなり、やはり疲労強度が劣化する。また8

40 00°C未満の加熱温度では焼入れのための十分なオーステナイト化が困難であり、950°Cを超えるとオーステナイトが粗大となって韌性が悪くなり、いずれの場合も疲労強度が劣化する。またこの場合もSiやMnを積極的に添加したり、あるいは焼入れ処理時の加熱雰囲気中の酸素ボテンシャルを低減させず適当に調節する等の方法で不完全焼入れ層形成を達成できる。

【0016】また、これらいずれの方法によっても、ショットピーニング処理により表層の圧縮残留応力を付与した後、この圧縮残留応力を軽減しない程度に表層軟質層を除去することはさらに有効である。除去する表層軟



質層の深さが  $10 \mu\text{m}$  未満では表層除去の効果は顕著ではなく、 $100 \mu\text{m}$  を超すと表層の圧縮残留応力域の大部分が除去されて、かえって疲労強度は劣化する。この際、表層の除去方法は、電解研磨や機械的研削あるいは液体ホーニングなど任意の方法によることができる。

【0017】以下に、本発明の効果を実施例により、さらに具体的に示す。

#### 【0018】

【実施例】以下の実施例においては、 $150\text{t}$  転炉にて溶製し、直径  $25\text{mm}$  の棒鋼に熱延した鋼材より、歯車の疲労折損状況を再現するように中央部に曲率  $1\text{mm}$  の溝状切り欠きをつけた平行部の直径  $10\text{mm}$ 、長さ  $30\text{mm}$ 、全長  $350\text{mm}$  の小野式回転曲げ疲労試験片を製作し、これを浸炭処理およびショットピーニング加工を施した後、疲労試験を実施してその疲労限強度（疲労破壊を生じない最大の応力値）で評価した。なお、以下に挙げる各表において、太枠で囲んだ条件が本発明を満足する実施例であり、それ以外は比較例である。

\*

#### \* 【0019】鋼材成分の影響（低C鋼浸炭材の場合）

表1に示すA～Cの成分の鋼材を用いた。この内、Aが本発明の対象鋼で、Bは炭素量が過小、Cは過大な比較例である。浸炭は温度  $920^\circ\text{C}$ 、カーボンポテンシャル  $0.80$ 、露点  $-3^\circ\text{C}$  において 8 時間保持し、 $120^\circ\text{C}$  の油中へ焼入れし、さらに  $180^\circ\text{C}$  で 1 時間保持した。この結果いずれの材料でもビックカース硬度 HV 400 以上  $700$  未満の不完全焼入れ層が表面より  $10 \mu\text{m}$  以上  $50 \mu\text{m}$  以下の深さの範囲で発生が認められた。次に HV 620～750 の硬度を有する直径  $0.6\text{mm}$  の鋼球を投射材として投射速度  $60\text{m/s}$  の条件でショットピーニング処理を行った。この浸炭～ショットピーニング処理条件は全ての試験片で同一とした。この結果、本発明例である A の成分のものは、比較例に対して 40% 以上も疲労限強度が増加している。

#### 【0020】

##### 【表1】

鋼材	C	Si	Mn	P	S	Cr	疲労限強度
A	0.22	1.04	0.78	0.01	0.03	0.99	910 MPa
B	0.06	0.93	1.76	0.01	0.03	0.52	450 MPa
C	0.52	1.19	0.73	0.01	0.02	1.53	480 MPa

#### 【0021】不完全焼入れ層の影響

本発明の対象鋼である表1-Aの成分の鋼を用いて、不完全焼入れ層の影響を検討した。不完全焼入れ層の調整は、表2に示すように、浸炭時の露点および在炉時間を変化させて行った。露点の変化は雰囲気中の酸素ポテンシャル（酸素量）の変化を意味し、露点が低いほど酸素ポテンシャルが小さい。なお露点、在炉時間以外の浸炭条件はいずれも同じで、浸炭温度  $920^\circ\text{C}$ 、カーボンポテンシャル  $0.80$  において 8 時間保持し、 $120^\circ\text{C}$  の油中へ焼入れで行った。

【0022】なお、不完全焼入れ層の硬度は表層部の最小硬度で示し、深さは HV 700 まで復帰した点の深さで示した。各条件の内、条件 D が本発明の条件である。条件 E は露点が高い、即ち浸炭雰囲気の酸素ポテンシャルが高いため焼入れ性向上元素の酸化消失が進み不完全

※焼入れ層硬度が低下したものであり、条件 F は露点を極力低くしたもので、HV 700 未満となる不完全焼入れ層は認められない比較例である。また条件 G および H は在炉時間を調節することにより不完全焼入れ層深さを過小あるいは過大とした比較例である。これらは浸炭炉から取り出した後、いずれも  $120^\circ\text{C}$  の油中へ焼入れし、さらに  $180^\circ\text{C}$  で 1 時間保持した。

30

【0023】次に HV 620～750 の硬度を有する直径  $0.6\text{mm}$  の鋼球を投射材として投射速度  $60\text{m/s}$  の条件でショットピーニング処理を行った。この結果、本発明例である D の不完全焼入れ層のものは疲労限強度  $910\text{ MPa}$  となり、比較例のものはたかだか  $700\text{ MPa}$  にしかならない。

#### 【0024】

##### 【表2】

※40

条件	露点	在炉時間	不完全焼入れ層		疲労限強度
			硬度HV	深さ $\mu\text{m}$	
D	-3°C	8時間	680	25	910 MPa
E	0°C	8時間	450	32	515 MPa
F	-30°C	8時間	発生せず		700 MPa
G	-3°C	2時間	690	5	660 MPa
H	-3°C	16時間	670	61	630 MPa

## 【0025】投射材硬度の影響

次に本発明の対象鋼である表1-Aの成分の鋼で、かつ本発明の不完全焼入れ層の条件を満足する表2-Dの浸炭条件で浸炭し180°Cで1時間保持の低温焼戻しを行った材料を用いて、ショットピーニングの際の投射材硬度の影響を検討した。表3に示すように、2種類の硬さの投射材を使用した。投射材はいずれも直径0.6mmの鋼球で投射速度60m/秒の条件でショットピーニング処理を行った。

【0026】表3-Iが本発明の条件を満足する硬度を有する投射材でショットピーニングした例である。これに対し表3-Jは投射材の硬度が低く、その結果、疲労限強度は本発明例の70%程度と低い。

## 【0027】

【表3】

条件	投射材硬度: HV	疲労限強度
I	620 ~ 750	910 MPa
J	350 ~ 480	670 MPa

## \* 【0028】鋼材成分の影響（中C鋼焼入れ焼戻し材の場合）

本発明の請求項2に示す中炭素鋼焼入品での実施例を以下に示す。まず鋼材の炭素含有量の影響について示す。表4-K~Oの成分を有する鋼を用いた。この内、K~Mが本発明の対象鋼で、Nは炭素量が過小、Oは過大な比較例である。これらの材料を露点-5°Cのアルゴンガス雰囲気中で870°Cに加熱し、1時間保持した後、120°Cの油中へ焼入れた。この結果、いずれの材料でもピッカース硬度HV400以上700未満の不完全焼入れ層の発生が表面より10μm以上50μm以下の深さの範囲で認められた。次にこれらの材料を500°Cで焼戻した後、HV620~750の硬度を有する直径0.6mmの鋼球を投射材として投射速度60m/秒の条件でショットピーニング処理を行った。この焼入れ焼戻し-ショットピーニング処理条件は全ての試験片で同一とした。この結果、本発明例であるK~Mの成分のものは、比較例に対して40%以上も疲労限強度が増加している。

## 【0029】

【表4】

鋼材	C	Si	Mn	P	S	Cr	疲労限強度
K	0.40	0.55	0.70	0.02	0.03	0.02	920 MPa
L	0.55	0.63	0.52	0.01	0.02	0.15	930 MPa
M	0.72	0.32	0.45	0.03	0.05	0.28	900 MPa
N	0.28	0.90	1.43	0.01	0.02	0.05	620 MPa
O	0.82	0.26	0.71	0.02	0.04	0.10	580 MPa

## 【0030】焼入れ温度の影響

次に本発明の請求項2に示す中炭素鋼焼入品での、焼入温度の検討例について示す。本発明の対象鋼である表4-Lの成分の鋼を用いて、露点-5°Cのアルゴンガス雰囲気中で表5に示す焼入温度に加熱し、1時間保持した

※後、120°Cの油中へ焼入れた。この結果、いずれの材料でもピッカース硬度HV400以上700未満の不完全焼入れ層の発生が表面より10μm以上50μm以下の深さの範囲で認められた。次にこれらの材料を500°Cで焼戻した後、HV620~750の硬度を有する直

径0.6mmの鋼球を投射材として投射速度60m/秒の条件でショットピーニング処理を行った。

【0031】本発明条件である表5-Pの条件に対して、条件Qは焼入温度が低すぎてオーステナイト化が十分に行われず、条件Rは逆に高すぎてオーステナイトの粗大化が起こる条件の比較例である。本発明例のものは、比較例に対して20%以上も疲労限強度が優れている。

【0032】

【表5】

条件	焼入温度	疲労限強度
P	870°C	930 MPa
Q	780°C	780 MPa
R	980°C	720 MPa

【0033】表層除去の効果

最後に本発明の請求項3に示す表層除去の付加による疲労限強度の向上について、本発明の対象である2種類の\*20

\* 鋼材を使って検討した実施例を示す。ひとつは、表1-Aに示す成分のものを用いて表2-Dに示す浸炭条件で浸炭し、もうひとつは表4-Lに示す成分のものを用いて表5-Pに示す焼入れ条件で焼入れ焼戻しを行ったものである。これらはいずれも次にHV620~750の硬度を有する直径0.6mmの鋼球を投射材として投射速度60m/秒の条件でショットピーニング処理を行い、さらに電解研磨で表6-S~Zに示す深さを除去した後、疲労試験を行った。

10 【0034】各条件の内、表層除去量の本発明条件を満足するものは条件SおよびWのものである。表層除去量が10μm未満のUおよびYの条件では、表層を除去しなかったTおよびXの条件の疲労強度とほぼ同じで表層除去効果が認められず、表層除去量が100μmを超えるVおよびZの条件では、かえって疲労限強度は劣化する。表層除去量が本発明の条件内であるSおよびWの条件のもののみ表層除去を加えることによりさらに疲労限強度は向上する。

【0035】

【表6】

条件	鋼材	熱処理	表層除去量	疲労限強度
S	表1-A	表2-D	25μm	1020 MPa
T	同上	同上	0μm	910 MPa
U	同上	同上	5μm	905 MPa
V	同上	同上	130μm	520 MPa
W	表4-L	表5-P	65μm	1010 MPa
X	同上	同上	0μm	930 MPa
Y	同上	同上	8μm	935 MPa
Z	同上	同上	115μm	480 MPa

【0036】以上の結果から、本発明よれば、従来法の疲労限に比べて、優れた疲労限を有することがわかる。

【0037】

【発明の効果】以上述べた如く、本発明は低C鋼の浸炭あるいは浸炭窒化材または中C鋼の焼入れ焼戻し材においてショットピーニング処理して疲労強度の向上を狙う場合、従来疲労強度を低下させると言われた不完全焼入れ層と呼ばれる表層軟質層を意識的に形成させることにより疲労特性を向上させるという全く新規な機械部品の※

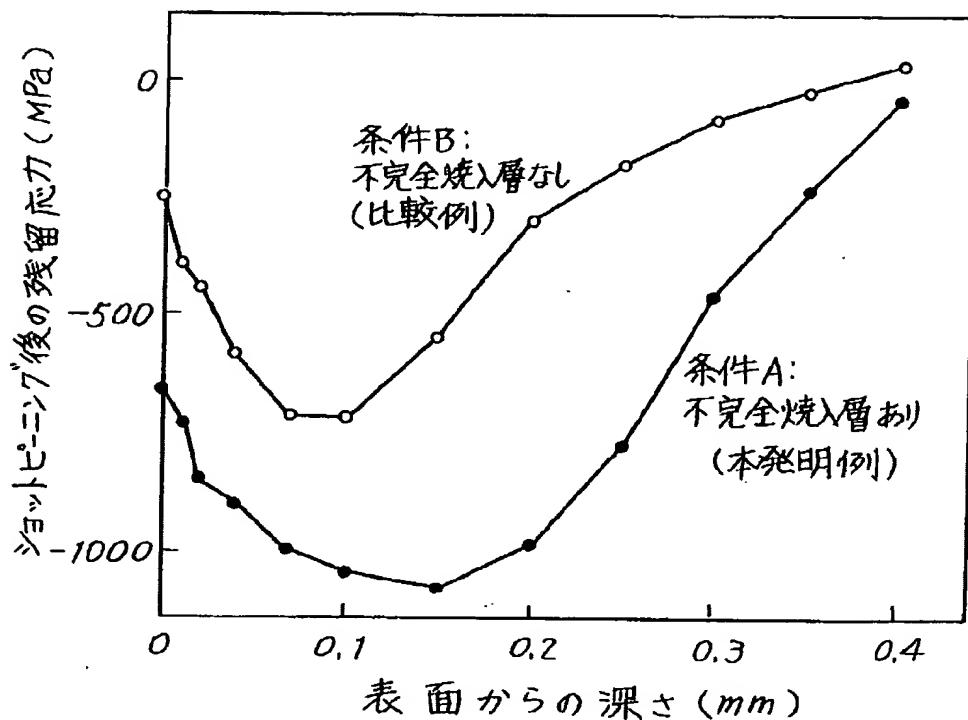
※ 製造方法であり、疲労特性が重要な駆動系機械部品の疲労強度を大幅に向上させることができる、産業上極めて有効な方法である。

【図面の簡単な説明】

40 【図1】本発明法と従来法による製品の圧縮残留応力分布曲線の比較図である。

【図2】本発明法と従来法による製品の硬さ分布曲線の比較図である。

【図1】



## ・鋼材成分

C: 0.21%  
 S: 0.18%  
 Mn: 0.78%  
 Cr: 1.12% (JIS  
 Mo: 0.17% (SCM420)

## ・ショットピーニング条件

投射材 直径 0.6mm  
 硬さ 620~750HV  
 投射速度 60 m/sec

## ・浸炭条件

920°C x 8h → 120°C 油冷  
 C.P. 0.8

露点 条件A: -3°C  
 条件B: -30°C

180°C x 1h 焼戻

【図2】

